



TUGAS AKHIR - SF141501

Analisis Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Fabrikasi
dan Karakterisasi *Directional Coupler* konfigurasi 4x4
pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10
Menggunakan *Heating dan Pressing*

CATUR SETIA UTAMI
NRP 01111340000114

Dosen Pembimbing 1
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Dosen Pembimbing 2
Sudarsono M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF141501

Analisis Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler* konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10 Menggunakan *Heating dan Pressing*

**CATUR SETIA UTAMI
NRP 01111340000114**

**Dosen Pembimbing 1
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si**

**Dosen Pembimbing 2
Sudarsono M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF141501

**Analysis of Influence Length of Peel for Fabrication and
Characterization of Directional Coupler with 4x4 Square
Configuration Made of Plastic Optical Fiber Multimode
Step Index FD-620-10 with Heating and Pressing**

**CATUR SETIA UTAMI
NRP 01111340000114**

**Advisor 1
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si**

**Advisor 2
Sudarsono M.Si**

**Department of Physics
Faculty Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap
Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler*
konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode
Tipe FD-620-10 Menggunakan *Heating dan Pressing***
Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas

Akhir Program Strata I
Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

CATUR SETIA UTAMI
NRP 01111340000114

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Gontjang Prajitno, M.Si
NIP. 19660114 199002.1.001

Sudarsono M.Si
NIP. 110020130.1.002



Surabaya, Januari 2018

(Signature)
(Signature)

**Analisis Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap
Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler
konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode
Tipe FD-620-10 Menggunakan Heating dan Pressing**

Nama : Catur Setia Utami
NRP : 01111340000114
Departemen : Fisika FIA-ITS
Pembimbing 1 : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si
Pembimbing 2 : Sudarsono M.Si

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan fabrikasi dan karakterisasi directional coupler konfigurasi 4x4 pada serat optik plastik multimode tipe FD-620-10 menggunakan metode heating and pressing. Fabrikasi dan karakterisasi dilakukan dengan variasi panjang kupasan—yaitu 25mm, 35mm, dan 45mm. Fabrikasi direksional coupler dilakukan dengan cara memanaskan serat optik pada suhu 125° . Hasil karakterisasi directional coupler bahwa pada panjang kupasan 25mm menunjukkan hasil rugi daya total atau excess loss pada masing-masing port adalah port A1 1,511 dB, port B1 2,208 dB, port C1 1,128, dan port D1 0,355 dB. Sedangkan untuk nilai coupling ratio adalah port A1 CR = 0,38 ; 0,1 ; 0,3 ; 0,22, port B1 CR = 0,14; 0,48; 0,3; 0,08 , port C1 CR = 0,1 ; 0,16; 0,54; 0,2 , port D1 CR = 0,3; 0,12; 0,28; 0,3. Directional coupler ini dapat diaplikasikan sebagai pembagi daya dalam piranti optik.

Kata kunci: *Directional Coupler, fiber optik, konfigurasi 4x4, Heating and Pressing*

**Analysis of Influence Length of Peel for Fabrication and
Characterization of Directional Coupler with 4x4 Square
Configuration Made of Plastic Optical Fiber Multimode Step
Index FD-620-10 with Heating and Pressing**

Name : Catur Setia Utami
NRP : 01111340000114
Major : Fisika, FIA ITS
Advisor 1 : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si
Advisor 2 : Sudarsono M.Si

Abstract

In this research, fabrication and characterization of 4x4 directional coupler configuration in multimode plastic optical fiber type FD-620-10 using heating and pressing method. Fabrication and characterization is done with variations of peak lengths of 25mm, 35mm, and 45mm. Fabrication of directional coupler is done by heating the optical fiber at 1250°C . The result of characterization of directional coupler that at 25mm peel length indicates the result of total power loss or excess loss on each port is 1.511 dB A1 port, 2.208 dB port B1, port C1 1.128, and port D1 0.355 dB. As for the value of coupling ratio is port A1 CR = 0.38; 0.1; 0.3; 0.22, port B1 CR = 0.14; 0.48; 0.3; 0.08, port C1 CR = 0.1; 0.16; 0.54; 0.2, port D1 CR = 0.3; 0.12; 0.28; 0.3. This directional coupler can be applied as a power divider in optical devices

*Key words: Directional Coupler, fiber optic, configuration 4x4,
Heating and Pressing*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FIA ITS dengan judul:

Analysis of Influence Length of Peel for Fabrication and Characterization of Directional Coupler with 4x4 Square Configuration Made of Plastic Optical Fiber Multimode Step Index FD-620-10

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Keluarga tercinta suami, anak-anak ku, ibu, ayah, ibu mertua , dan ayah mertua yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Agus Purwanto, M.Sc. D.Sc. selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Drs. Gontjang Prajitno M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Ketua Jurusan dan Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium optik ,dan juga segenap staff

Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain astrid, puput wafa, nura, adha dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
7. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Serat Optik.....	5
2.2 Pantulan Dalam Total	6
2.3 Numerical Aperture	7
2.4 <i>Directional Coupler</i> konfigurasi 4x4	9
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Tahap-tahap Penelitian	13
3.2 Studi Literatur.....	13
3.3 Alat dan Bahan	13
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.4.1 Tahap Fabrikasi <i>Directional Coupler</i>	14
3.4.2 Tahap Karakterisasi <i>Directioal Coupler</i>	20
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Fabrikasi <i>Directional Copler</i>	23
4.2 Hasil karakterisasi <i>Directional Coupler</i>	24

4.3 Pembahasan.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN A.....	43
BIODATA PENULIS.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat BF5R-D1-N.....	20
Tabel 4. 1 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port A1	24
Tabel 4. 2 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port B1	24
Tabel 4. 3 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port C1	25
Tabel 4. 4 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port D1	25
Tabel 4. 5 Nilai Coupling Ratio pada setiap panjang interaksi ...	28
Tabel 4. 6 Nilai Insertion Loss pada setiap panjang interaksi	29
Tabel 4. 7 Nilai Exceed Loss pada setiap panjang interaksi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Dasar Penyusunan Serat Optik (Keiser, 1991).....	5
Gambar 2. 2 Pemantulan dan Pembiasan Berkas Cahaya pada Bidang Batas Dua Medium (Power, 1997)	7
Gambar 2. 3 Mekanisme Perambatan Sinar pada Serat Optik <i>Step Index</i> (Keiser, 1991)	9
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Serat Optik yang sudah dipotong sepanjang 20cm.	15
Gambar 3. 3 Serat Optik yang sudah dikupas	15
Gambar 3. 4 Perendaman serat optik pada larutan aseton.....	16
Gambar 3. 5 Serat optik yang disinari sinar laser.....	17
Gambar 3. 6 Terkopel pada saat menunjukkan suhu 125 ⁰ C serat optik siap diletakkan pad cetakan.....	18
Gambar 3. 7 Konfigurasi 4x4 pada Serat Optik sebelum dilakukan metode <i>Heating and Pressing</i>	19
Gambar 3. 8 Cetakan ukuran 35mm untuk metode <i>Heating and Pressing</i>	19
Gambar 3. 9 Set Up alat BF5R-D1-N	20
Gambar 3. 10 Pengukuran sinyal balikan dari port A1 ke port B1, C1, dan D1.....	21
Gambar 3. 11 Pengukuran sinyal output untuk A1 ke B2	22
 Gambar 4. 1 Hasil fabrikasi directional coupler 4x4 susunan persegi	23
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port A1 Sebagai Sinyal Input.....	26
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port B1 Sebagai Sinyal Input.....	26

Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap.....	27
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap.....	27
Gambar 4. 6 Grafik antara Rugi Daya dan Port Input.....	30
Gambar 4. 7 Serat Optik yang patah karena pemanasan yang terlalu lama.....	33
Gambar 4. 8 Salah satu hasil directional coupler metode heating and pressing keempat serat optik tergandeng dengan baik.....	33
Gambar 4. 9 Directional coupler saat diberikan sinar masukan ..	34
Gambar 4. 10 Panjang interaksi 13 mm	35
Gambar 4. 11 Panjang interaksi 16 mm	35
Gambar 4. 12 Panjang interaksi 16 mm	36
Gambar 4. 13 Panjang interaksi 13 mm	36
Gambar 4. 14 Panjang interaksi 13 mm	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses informasi modern ketergantungan akan transmisi data yang cepat menjadi sangat besar. Apalagi ketika kecepatan transmisi melalui teknologi gelombang elektromagnetik dianggap memiliki kelemahan terhadap interferensi maupun gangguan yang disebabkan oleh semakin banyaknya peralatan yang memancarkan gelombang serupa. Untuk mengatasi hal tersebut proses transmisi data menggunakan cahaya semakin populer digunakan. Proses transmisi informasi berbasis optik ini selanjutnya menggunakan media penampikan kabel yang dikenal sebagai kabel serat optik. Berbeda dengan kabel biasa, kabel serat optik tidak dapat mengalirkan listrik dan dapat dikatakan sama sekali tidak konduktif.

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan di akhir tahun 1960-an dalam sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan bandwidth yang besar dengan laju transmisi yang tinggi. Dalam proses informasi modern ketergantungan akan transmisi data yang cepat menjadi sangat besar. Pada umumnya serat optik terdiri dari tiga bagian yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat dibagi menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*singlemode*) dan serat optik moda jamak (*multimode*). Berdasarkan penjalaran gelombang yang melalui inti, serat optik terbagi menjadi dua macam yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded index*. Pada dasarnya cahaya disebarkan melalui core dengan cara pemantulan dalam total.

Dalam perkembangannya serat optik tidak hanya berfungsi untuk mentransmisikan informasi tetapi juga berkembang menjadi piranti optik dengan fungsi yang lebih luas. Piranti optik tersebut dapat berupa coupler dengan berbagai macam variasinya. Coupler merupakan piranti optik pasif yang berfungsi sebagai

penggabungan dua atau lebih panjang gelombang atau sinyal menjadi dua atau lebih. *Directional coupler* termasuk *coupler* yang paling dikembangkan. Terdapat beberapa metode pembuatan *directional coupler* berbahan serat optik plastik, di antaranya metode *Fused Biconical Tapered* (FBT), yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-port. Akan tetapi pada metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggabungan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini *directional coupler* difabrikasi dengan metode *Heating and Pressing*.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh panjang-interaksi terhadap Fabrikasi *Directional Coupler* konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10 Menggunakan *Heating and Pressing*
2. Bagaimana pengaruh panjang interaksi terhadap Karakterisasi *Directional Coupler* konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10 Menggunakan *Heating and Pressing*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh panjang interaksi terhadap fabrikasi *Directional Coupler* konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10 menggunakan *Heating and Pressing*

2. Mengetahui pengaruh panjang interaksi terhadap karakterisasi *Directional Cuoupler* konfigurasi 4x4 pada Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10 menggunakan *Heating and Pressing*

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Serat Optik yang digunakan yaitu Serat Optik Plastik Multimode Tipe FD-620-10
2. Konfigurasi Directional Coupler yang digunakan 4x4 susunan persegi
3. Metode Directional Coupler yang digunakan adalah *heating and pressing*
4. Variasi panjang kupasan yang digunakan 25mm, 35mm, dan 45mm

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh panjang kupasan terhadap *directional coupler*. Serta mengetahui fabrikasi dan karakterisasi dari *directional coupler* fiber optik dengan metode *heatig and pressing*

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusakn masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II dasar teori memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V kesimpulan dan saran.

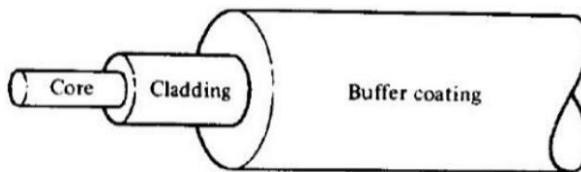
“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Serat Optik

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan di akhir tahun 1960-an dalam sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan bandwidth yang besar dengan laju transmisi yang tinggi (Samian dkk, 2008). Pada umumnya serat optik terdiri dari tiga bagian yaitu inti (core), kulit (cladding), dan jaket (coating). Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat dibagi menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (singlemode) dan serat optik moda jamak (multimode) (Keiser, 1991). Berdasarkan penjalaran gelombang yang memlalui inti, serat optik terbagi menjadi dua macam yaitu serat optik step index dan serat optik graded index. Pada dasarnya cahaya disebarkan melalui core dengan cara pemantulan dalam total (Leno dan Frank 1993). Struktur penyusun serat optik ini masing-masing memiliki karakteristik. Bagian core merupakan jalur utama pemanduan gelombang cahaya yang mempunyai indeks bias terbesar n_1 . Lapisan selanjutnya yaitu cladding mempunyai indeks bias n_2 yang nilainya sedikit lebih kecil dari n_1 . Bagian terluar dari serat optik yaitu coating berfungsi sebagai pelindung bagian di dalamnya, struktur dasar penyusun serat optik diperlihatkan pada Gambar 2.1 (Keiser, 1991).



Gambar 2. 1 Struktur Dasar Penyusunan Serat Optik (Keiser, 1991)

Dalam perkembangannya serat optik tidak hanya berfungsi untuk mentransmisikan informasi tetapi juga berkembang menjadi piranti optik dengan fungsi yang lebih luas. Piranti optik tersebut dapat berupa coupler dengan berbagai macam variasinya. Coupler merupakan piranti optik pasif yang berfungsi sebagai penggabung dua atau lebih panjang gelombang atau sinyal menjadi dua atau lebih. Directional coupler termasuk coupler yang paling dikembangkan. Terdapat beberapa metode pembuatan directional coupler berbahan serat optik plastik, di antaranya metode fused biconical tapered (FBT), yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi directional coupler dengan N-port (Sekartedjo dkk, 2007).

2.2 Pantulan Dalam Total

Indeks bias medium dielektrik pada serat optik mempengaruhi laju penjararan cahaya di dalamnya. Perbedaan indeks bias pada medium dielektrik memunculkan adanya medium rapat dan renggang. Kecepatan cahaya yang merambat di dalam medium yang rapat lebih rendah daripada di dalam medium yang renggang (Widodo, 1995). Indeks bias medium n didapatkan dari persamaan berikut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$

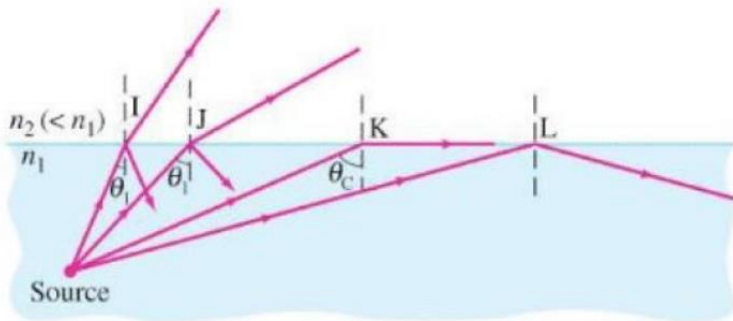
dimana c adalah kecepatan cahaya di ruang hampa (3×10^8 m/s) dan v adalah kecepatan cahaya di dalam medium. Nilai n selalu lebih besar dari 1. Syarat terjadinya pemantulan dalam total adalah indeks bias medium sinar datang (core) harus lebih besar daripada indeks bias medium sinar bias (cladding). Transmisi gelombang melalui bidang batas dua medium dielektrik yang berbeda berlaku Hukum Snellius dan secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \quad (2.2)$$

dimana θ_i adalah sudut datang dan θ_t adalah sudut bias. Dari hubungan ini, θ_t mencapai 90° ketika θ_i mencapai nilai:

$$\theta_i = \theta_t = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} \quad (2.3)$$

dimana θ_c disebut sudut kritis sinar datang. Sinar datang dengan sudut yang sama atau lebih besar dari sudut kritis akan dipantulkan kembali ke medium 1. Inilah prinsip pantulan dalam total yang memandu cahaya di dalam serat optik tanpa rugi daya. Sedangkan cahaya dengan sudut datang di bawah sudut kritis, sebagian dibiaskan dan sebagian dipantulkan, rugi daya disebabkan oleh berkas sinar yang dibiaskan (Power, 1997).



Gambar 2. 2 Pemantulan dan Pembiasan Berkas Cahaya pada Bidang Batas Dua Medium (Power, 1997)

2.3 Numerical Aperture

Syarat agar sinar dapat terpandu di dalam core serat optik, perlu diperhatikan sudut sinar masukan maksimum agar dihasilkan sinar yang membentuk sudut kritis. Sehingga Hukum Snellius juga diterapkan pada bidang batas antara udara dan core sebagai berikut:

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \sin \theta \quad (2.4)$$

Karena $\theta = \frac{\pi}{2} - \theta_c$, maka persamaan (2.4) menjadi

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \sin \theta_c \quad (2.5)$$

dengan menggunakan relasi trigonometri $\sin^2 \theta_c + \cos^2 \theta_c = 1$, maka persamaan (2.5) dapat ditulis sebagai :

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \quad (2.6)$$

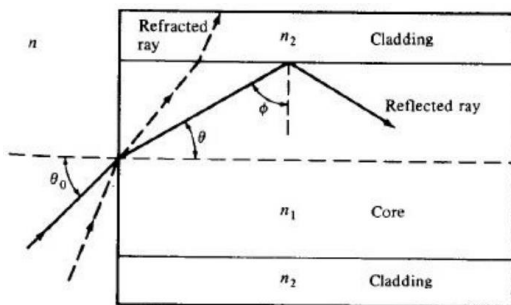
substitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.6), didapatkan :

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \quad (2.7)$$

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.8)$$

Maka sinar yang memiliki sudut masuka θ_0 lebih kecil dari $\theta_{0,max}$ akan dipantulkan seluruhnya pada bidang antarmuka *core-cladding*. Persamaan (2.8) juga didefinisikan sebagai tingkap numerik atau *numerical aperture* (NA) yang menyatakan hubungan sudut sinar masukan dengan indeks bias ketiga medium (udara, *core*, dan *cladding*) (Keiser, 1991).

$$NA = n \sin \theta_{0,max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.9)$$



Gambar 2. 3 Mekanisme Perambatan Sinar pada Serat Optik *Step Index* (Keiser, 1991)

Perbedaan indeks bias antara core dan cladding (Δ) didefinisikan sebagai fraksi indeks bias yang dapat dituliskan seperti pada Persamaan (2.1). Selisih nilai n_1 dan n_2 sangat kecil, sehingga nilai Δ juga kecil. Untuk nilai $\Delta < 1$, disebut desain pandu gelombang yang terpandu lemah (Power, 1997). Nilai Δ untuk serat optik multimode berkisar pada rentang 1% hingga 3%, sedangkan untuk serat optik singlemode berkisar pada rentang 0,2% hingga 1% (Keiser, 1991). Dengan demikian, Persamaan (2.9) juga dapat dinyatakan dengan:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2 n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.10)$$

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.11)$$

Nilai NA pada serat optik step index berkisar pada rentang 0,2 hingga 0,5 sedangkan pada serat optik graded index berada sekitar 0,2 (Hoss, 1993). Untuk serat optik step index multimode dari bahan plastik berdiameter core besar, nilai NA berkisar pada rentang 0,3 - 0,5 (Krohn, 2000).

2.4 *Directional Coupler* konfigurasi 4x4

Salah satu peralatan yang merupakan sistem moda terkopel adalah *directional coupler*. Divais optik tersebut tersusun atas dua pandu gelombang yang saling berdekatan dalam orde panjang gelombang optik. Divais ini dapat mendistribusikan daya optik kedua port atau lebih, atau sebaliknya mengumpulkan daya optik ke port tunggal. *Directional coupler* dapat bersifat aktif maupun pasif. Secara sederhana divais coupler dapat dibuat dari serat optik multimode yaitu dengan cara memadukan atau menggabungkan dua buah serat optik multimode dengan panjang

interaksi tertentu dengan teknik FBT (*Fused Biconical Taperred*) (Supadi dkk,2006).

Pada tipe coupler yang lain, fabrikasi dibuat dengan komponen terintegrasi dengan mengimplan sebuah bahan dielektrik pandu gelombang misalnya titanium pada permukaan substrat misalnya litium niobate (LiNbO₃) dan galium arsenit (GaAs). Litium niobate dan galium arsenit merupakan bahan-bahan elektro-optik, sehingga menghasilkan tipe coupler aktif yang dapat diaplikasikan sebagai elektro optik modulator dan *optical switching* (Jones Jr dan William B, 1988).

Untuk serat optik tanpa losses persamaan yang berlaku untuk menyatakan besarnya daya yang tercouple adalah :

$$P_2 = P_0 \sin^2(kz) \quad (2.12)$$

Untuk dua serat yang identik berlaku :

$$P_1 = P_0 - P_2 = P_0 [1 - \sin^2(kz)] = P_0 \cos^2(kz) \quad (2.13)$$

Dengan K=Koefisien Kopling antar dua serat optik

Persamaan 2.12 menunjukkan bahwa fase perambatan daya pada serat pertama selalu lebih cepat 90⁰ dibandingkan fase perambatan daya pada serat kedua. Jadi pada $z = 0$ seluruh daya merambat melalui serat pertama (P_1). Pengurangan keterlambatan fase terjadi secara kontinue untuk setiap kenaikan z , sampai pada jarak tertentu dimana $kz = \pi/2$. Pada jarak ini seluruh daya yang merambat pada serat optik pertama akan dipindahkan ke serat optik kedua (Sekartedjo dkk, 2007). Persamaan diatas juga menyatakan bahwa coupling dan transfer energi adalah linier dan berlaku prinsip superposisi gelombang (Jones Jr dan William B, 1988).

Proses pemindahan daya optik didalam *directional coupler* linier dapat dijelaskan dengan teori moda terkopel dengan didasarkan pada interaksi medan-medan *evanescent* dari masing-masing pandu gelombang. Sedangkan panjang couplingnya ditentukan dari kuat kopling, yaitu kuantitas saling tumpang tindih (*overlapping*) antara medan di pandu gelombang 1 dengan medan *evanescent* dari pandu gelombang kedua. Secara kualitatif penjelasan teori moda terkopel ini telah sesuai dengan fakta eksperimen, namun secara kuantitatif untuk *directional coupler* yang lebar gapnya relatif kecil, panjang kopling dan porsi daya yang dipindahkan masih jauh dari akurat (Rubiyanto dan Rohedi, 2003).

Metode pendekatan yang secara kuantitatif relatif lebih akurat dalam menjelaskan proses pemindahan daya optik dalam *directional coupler* linier adalah pendekatan moda normal. Menurut pendekatan ini, proses pemindahan daya optik terlaksana sebagai konsekuensi dari interverensi antara dua moda medan optik orde terendah yang disebut moda simetri, yang terpandu di sepanjang transversalnya. Sedangkan panjang koplingnya ditentukan melalui rumus (), dengan β_s dan β_a masing-masing adalah nilai tetapan propagansi efektif moda simetri dan asimetri. Adapun ekspresi medan kedua moda yang diperlukan dalam tetapan propagasi efektif adalah medan-medan yang berlaku untuk seluruh struktur *directional coupler*, bukan ekspresi medan dari masing-masing pandu gelombangnya seperti dalam teori moda terkopel (Rubiyanto dkk,2006).

Parameter-parameter pokok dalam divais *Directional Coupler* optik antara lain :

Splitting dan *Coupling ratio* (CR), proporsi perbandingan antara daya output terhadap masing-masing daya output. Nilai CR

diperoleh dari saluran keluaran, yaitu port A2 dan port B2 (Crisp dan Elliott, 2005) (Farrei, 2002).

$$CR = \frac{P_{B2}}{(P_{B2} + P_{A2})} \quad (2.14)$$

Insertion loss, (L_{ins}), yaitu rugi yang terjadi akibat daya dari saluran masukan *coupler* serat optik terdistribusi diantara saluran keluaran dengan port A2 dan port B2. *Insertion loss* diukur sebagai perbandingan daya output tunggal terhadap daya inputnya (Crisp dan Elliott, 2005) (Supadi dkk, 2006).

$$L_{ins} = 10 \log \frac{P_{A2}}{P_{A1}} \text{ dB} \quad (2.15)$$

Exceess loss (L_e), adalah rugi daya total yang dinyatakan (Crisp dan Elliott, 2005) (Supadi dkk, 2006)

$$L_e = 10 \log \left(\frac{\sum P_j}{P_I} \right) \text{ dB} = -10 \log \frac{P_{A2} + P_{B2}}{P_{A1}} \text{ dB} \quad (2.16)$$

Direktivitas atau *Crosstalk* dari *coupler* optik diukur antar port-port masukan *directional coupler*. (Crisp dan Elliott, 2005) (Supadi dkk, 2006).

$$D = C_T = 10 \log \frac{P_{B1}}{P_{A1}} \text{ dB} \quad (2.17)$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini adalah pada karakterisasi dan fabrikasi dari *directional coupler* fiber optik dengan metode *heatig and pressing* pada panjang kupasan 25mm, 35mm, dan 45mm.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung proses penelitian tugas akhir serta memahami arah dan alur penelitian.. Pada tahap ini dilakukan untuk memperkuat dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku, artikel, jurnal ilmiah dan internet.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. BF5R-D1-N
2. DIN rail
3. Selotip
4. Pemotong serat optik
5. Gunting
6. Cutter
7. Power supply
8. Termokopel
9. Penggaris

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Serat optik plastik step index multimode tipe FD-620-10

2. Aseton

3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Tahap Fabrikasi Directional Coupler

Prosedur fabrikasi directional coupler mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1) *Pemotongan serat optik*

Serat optik dipotong menggunakan alat pemotong sepanjang 20 cm sebanyak empat buah. Untuk memudahkan identifikasi, keempat serat optik diberi label A, B, C, dan D.



Gambar 3. 2 Serat Optik yang sudah dipotong sepanjang 20cm

2) *Pengupasan coating dan cladding*

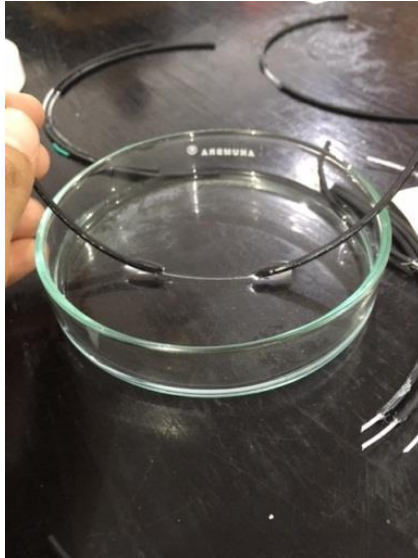
Dengan bantuan alat pengupas, serat optik yang akan dikupas ditempatkan di tengah-tengah alat tersebut pada keadaan lurus dan sejajar, kemudian ditempelkan selotip pada kedua ujung agar tidak geser. Selanjutnya serat optik dikupas dengan panjang kupasan 20 mm, 25 mm, dan 30 mm menggunakan *cutter*.



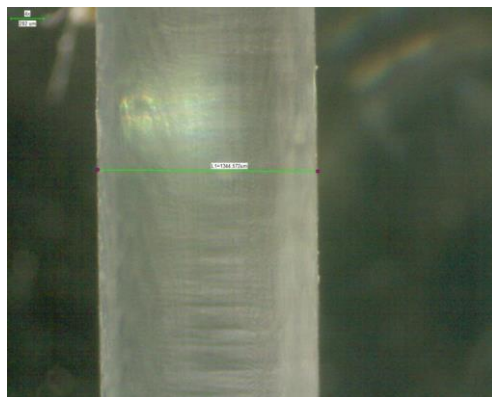
Gambar 3. 3 Serat Optik yang sudah dikupas

Kemudian serat optik diletakkan pada cawan yang berisi aseton. Bagian serat optik yang terendam aseton adalah bagian yang sudah dipotong dan dikupas. Proses perendaman dilakukan kurang lebih selama 60 menit, sehingga bagian cladding hilang. Hal ini bertujuan agar seluruh serat optik yang dipoles mempunyai permukaan yang rata dan ketebalan yang sama. Selanjutnya hasil dari kupasan dan pemolesan dilakukan pengamatan secara khusus dengan perbesaran tertentu sehingga

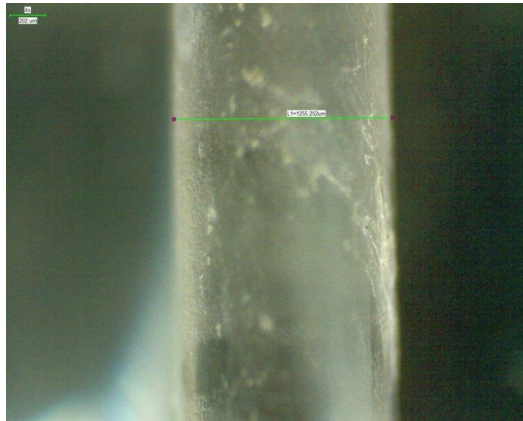
diperoleh hasil yang lebih jelas mengenai permukaan kupasan dan pemolesan yang telah dilakukan.



Gambar 3. 4 Peremdaman serat optik pada larutan aseton



Gambar 3. 5 Bagian core dan cladding pada serat optik



Gambar 3. 6 Serat Optik setelah direndam pada aseton menyisakan bagian core saja



Gambar 3. 7 Serat optik yang disinari sinar laser

Agar dapat diketahui bagian yang terkupas secara sempurna, maka perlu dilakukan pemanduan sinar laser. Jika ada bagian yang terlihat gelap menandakan bahwa sinar laser belum

terhambur keluar dan pada bagian tersebut perlu dilakukan perendaman ulang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan 3.5.

4) Tahap Penggandengan

Tahap ini merupakan tahap terakhir pembuatan *directional coupler*. Penggandengan dilakukan dengan cara merekatkan keempat serat optik pada bagian yang telah dipoles menggunakan metode heating and pressing. Sebelum dilakukan pressing cetakan pressing terlebih dahulu dipanaskan menggunakan hot plate. Pada penelitian ini cetakan pressing dipanaskan pada suhu 225°C selama kurang lebih 10 menit atau saat suhu di dalam cetakan kurang lebih telah mencapai 125°C . Setelah itu serat optik yang sudah disiapkan diletakkan pada cetakan pressing dan ditekan menggunakan logam penekan selama 5-10 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 8 Terkopel pada saat menunjukkan suhu 125°C serat optik siap diletakkan pad cetakan

Tahap pemotongan serat optik sampai penggandengan serat optik juga dilakukan untuk variasi panjang kupasan yang lain yaitu 25 mm dan 30 mm. Proses penggandengan dan cetakan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.7 dan 3.8.



Gambar 3. 9 Konfigurasi 4x4 pada Serat Optik sebelum dilakukan metode *Heating and Pressing*



Gambar 3. 10 Cetakan ukuran 35mm untuk metode *Heating and Pressing*

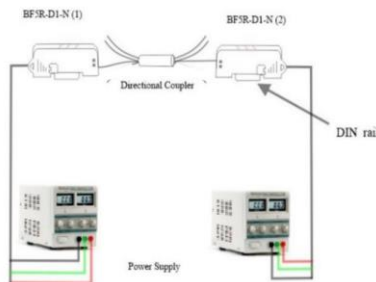
3.4.2 Tahap Karakterisasi *Directional Coupler*

Hasil fabrikasi ~~dari~~ *directional coupler* dikarakterisasi menggunakan BF5R-D1-N. Karakterisasi bertujuan untuk mendapatkan nilai *coupling ratio* (CR) dan *excess loss* (Le). Sensor ini merupakan sensor khusus yang digunakan untuk menganalisa daya keluaran yang diterima oleh serat optik. Spesifikasi alat BF5R-D1-N ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat BF5R-D1-N

Tipe	BF5R-D1-N
<i>Source</i>	LED Merah (660nm)
<i>Power supply</i>	12-24 Volt DC ~ 10%
Arus maksimum	50 mA
Waktu respon	500 μ s (<i>standart</i>)
<i>Output</i>	P_{in} (<i>level light</i>) 0-4000

Set up alat untuk karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N ditunjukkan pada Gambar 3.89. Kedua BF5R-D1-N diletakkan di atas DIN rail agar dapat berdiri tegak dan sejajar. Sumber tegangan DC dari power supply yang digunakan pada kedua BF5R-D1-N adalah sebesar 14,1 Volt, nilai ini berada di rentang tegangan kerja BF5R-D1-N yaitu 12-24 Volt DC.



Gambar 3. 11 Set Up alat BF5R-D1-N

Proses karakterisasi pada penelitian ini menggunakan BF5R-D1-N (1) sebagai input dan BF5R-D1-N (2) sebagai output. Sinyal input dari BF5R0D1-N (1) diberikan pada port A1, B1, C1, dan D1 secara bergantian. Sinyal output pada port A2, B2, C2, dan D2 dikarakterisasi oleh Bf5R-D1-N (2). Selama proses karakterisasi display sensor BF5R-D1-N (2) menampilkan nilai intensitas cahaya yang diterima pada output tiap port. Dilakukan pengukuran sinyal balikan dengan hanya menggunakan BF5R-D1-N yakni, saat A1 dimasukkan sebagai input diukur pula sinyal balikan dari B1, C1, dan D1. Setiap pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.



Gambar 3. 12 Pengukuran sinyal balikan dari port A1 ke port B1, C1, dan D1

Demikian pula dilakukan cara karakterisasi yang sama untuk setiap panjang kupasan yang lain yakni 25 mm dan 30 mm.

Pada proses karakterisasi ini akan diperoleh data berupa besar intensitas sinar yang masuk pada serat optik dan besar intensitas sinar pada masing-masing port keluaran. Selanjutnya dapat dihitung parameter-parameter directional coupler, yaitu coupling ratio (CR), directivity (D), dan excess loss (Le).



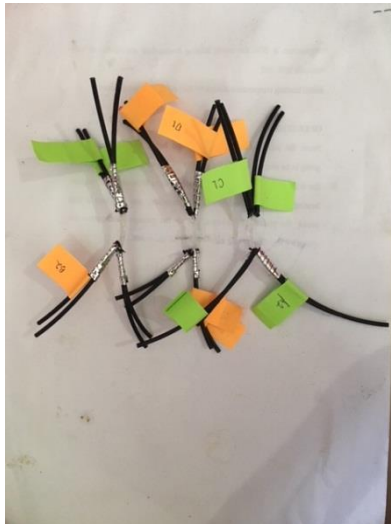
Gambar 3. 13 Pengukuran sinyal output untuk A1 ke B

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Fabrikasi *Directional Coupler*

Fabrikasi *directional coupler* serat optik plastik dengan konfigurasi 4×4 susunan persegi menggunakan pendekatan metode *heating and pressing* dilakukan dengan cara mengupas empat buah serat optik plastik dengan panjang kupasan 25 mm, 35 mm, dan 45 mm menggunakan cutter. Kemudian direndam dengan aseton untuk menghilangkan lapisan *cladding*nya. Empat buah serat optik plastik yang telah dikupas kemudian digabungkan dengan dipanaskan pada cetakan dan ditekan (*heating and pressing*). Penggabungan serat optik plastik tersebut dilakukan pada daerah yang telah dikupas. Pada penelitian ini, telah difabrikasi tiga buah *directional coupler* konfigurasi 4x4 susunan persegi dengan variasi panjang kupasan 20 mm, 25 mm, dan 30 mm. Hasil fabrikasi diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil fabrikasi *directional coupler* 4x4 susunan persegi

4.2 Hasil karakterisasi *Directional Coupler*

Proses karakterisasi kali ini menggunakan dua buah alat BF5R-D1-N sebagai input dan output cahaya pada serat optik. Sinyal input pada BF5R-D1-N akan diberikan pada serat optik port A1, B1, C1, dan D1. Dan port A2, B2, C2, dan D2 akan dipasangkan pada alat BF5R-D1-N yang lainnya agar diketahui hasil outputannya. Selama proses karakterisasi, display sensor BF5R-D1-N menampilkan nilai intensitas cahaya yang diterima pada output setiap port, data nilai intensitas cahaya tersebut disajikan pada lampiran A dengan pengambilan data sebanyak 10 kali. Sedangkan nilai rata-ratanya disajikan pada table 4.1- 4.4

Tabel 4. 1 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port A1

Input A1 (au)							
Panjang Kupasan (mm)	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
20	691,9	533,8	162,8	261,2	60	68	59
25	544,8	187,3	352,8	327,1	76	48	25
30	536,6	142,8	390,8	315,2	88	151	123

Tabel 4. 2 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port B1

Input B1 (au)							
Panjang Kupasan (mm)	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
20	120,3	454,4	187,8	405,9	43	106	94
25	172,1	579,3	361,9	89,4	111	119	46
30	106,5	619,8	178	428,3	152	171	185

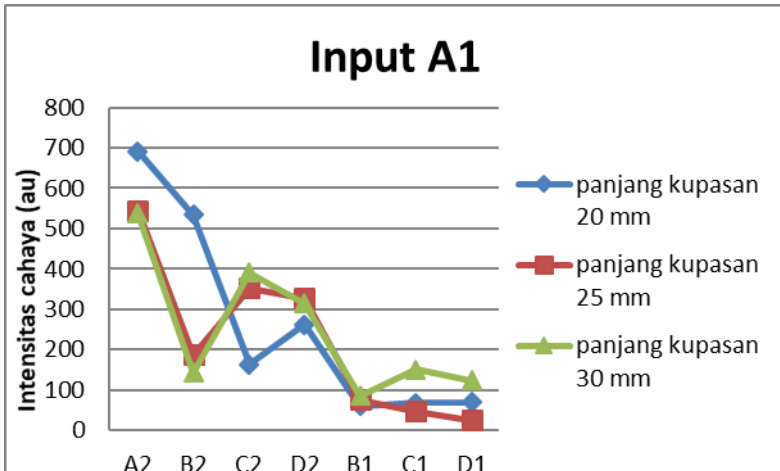
Tabel 4. 3 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port C1

Input C1 (au)							
Panjang Kupasan (mm)	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
20	291	261,2	711	171,3	109	99	36
25	158	241	821,3	322	145	63	55
30	263,8	100,1	768,4	281,6	107	72	174

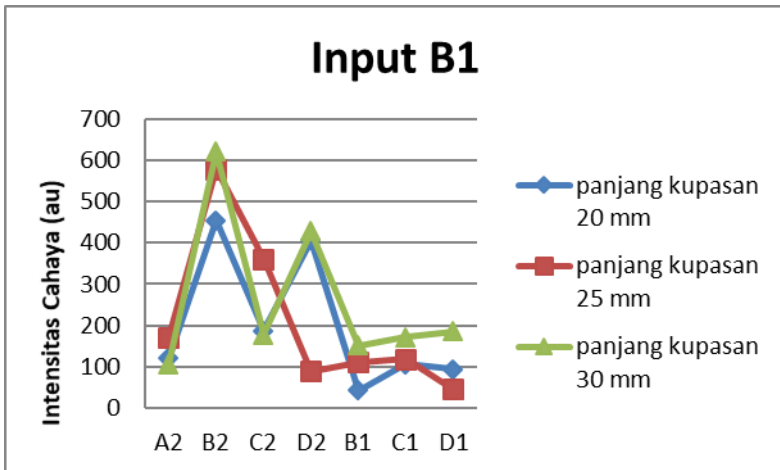
Tabel 4. 4 Data hasil karakterisasi directional coupler dengan pada port D1

Input D1 (au)							
Panjang Kupasan (mm)	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
20	202,6	169,2	161,9	808,9	117	120	69
25	534,5	214,3	522,6	571,6	48	65	62
30	280,8	165,3	291,7	707,5	165	168	142

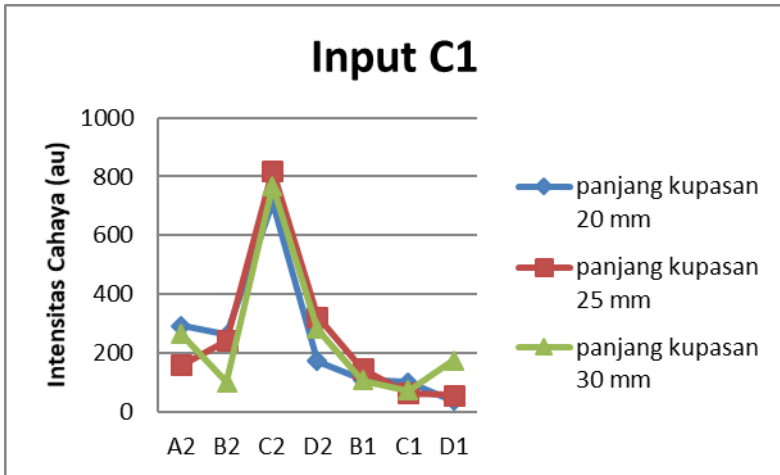
Data pada tabel 4.1-4.4 akan disajikan pada garfik untuk lebih memudahkan sebagai berikut



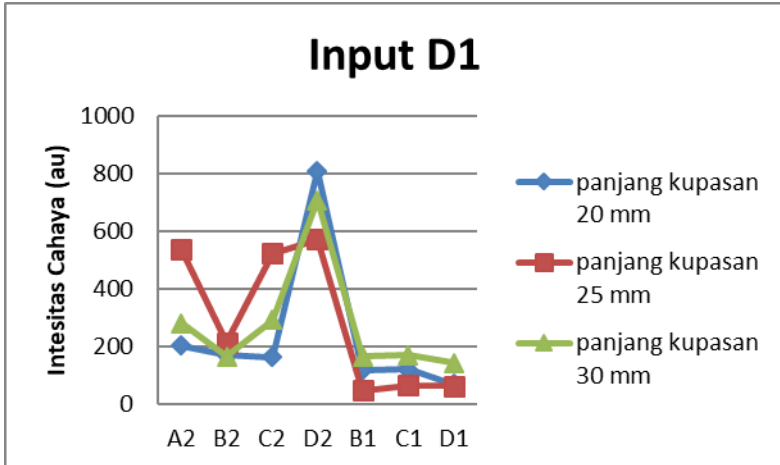
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port A1 Sebagai Sinyal Input



Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port B1 Sebagai Sinyal Input



Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port C1 Sebagai Sinyal Input



Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Prosentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port D1 Sebagai Sinyal Input

Dengan A2, B2, C2, dan D2 adalah intensitas keluaran pada A1, B1, C1, dan D1. Dan A1, B1, C1, dan D1 adalah balikan dari gelombang telah berpindah dari kanal A ke kanal B , C , dan D.

Berdasarkan Persamaan (2.14), (2.15), dan (2.16) dapat diketahui nilai dari coupling ratio (CR), rugi daya (Le), dan insertion loss untuk dijadikan parameter directional coupler yang hasilnya. Hasil dari perhitungan data ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 5 Nilai Coupling Ratio pada setiap panjang interaksi

Nilai Coupling Ratio			
Input channel	panjang interaksi 20mm	panjang interaksi 16mm	panjang interaksi 13mm
A1	0,38	0,38	0,42
	0,1	0,1	0,32
	0,3	0,3	0,1
	0,22	0,22	0,16
B1	0,08	0,14	0,1
	0,47	0,48	0,4
	0,13	0,3	0,16
	0,32	0,08	0,34
C1	0,19	0,1	0,2
	0,07	0,16	0,18
	0,54	0,54	0,5
	0,2	0,2	0,12
D1	0,2	0,3	0,15
	0,11	0,12	0,13
	0,2	0,28	0,12
	0,49	0,3	0,6

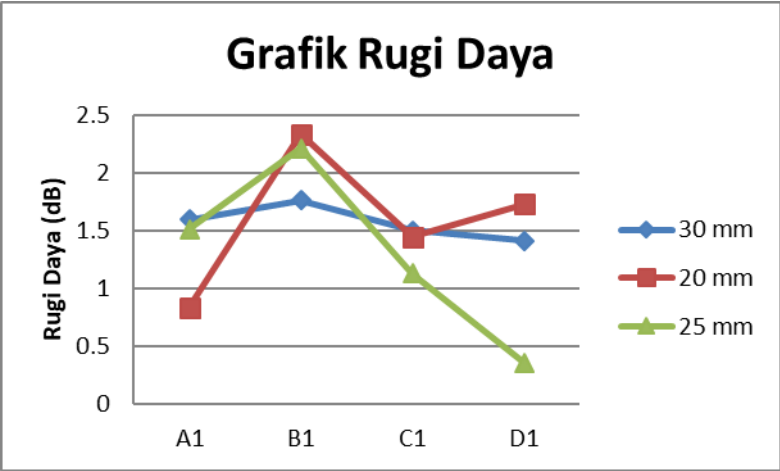
Tabel 4. 6 Nilai Insertion Loss pada setiap panjang interaksi

Nilai Insertion Loss			
Input channel	panjang interaksi 20mm	panjang interaksi 16mm	panjang interaksi 13mm
A1	-5,713	-4,6	-4,6
	-11,463	-5,7	-5,7
	-7,09	-10,8	-10,8
	-8,02	-8,8	-8,8
B1	-12,73	-10,65	-12,2
	-5,08	-5,38	-6,43
	-10,5	-7,42	-10,27
	-6,7	-13,49	-6,92
C1	-8,8	-11,02	-8,37
	-13	-9,2	-8,84
	-4,15	-3,86	-4,5
	-8,5	-7,93	-10,6
D1	-8,52	-5,73	-9,94
	-10,82	-9,7	-10,72
	-8,36	-5,82	-10,9
	-4,51	-5,44	-3,93

Tabel 4. 7 Nilai Exceed Loss pada setiap panjang interaksi

Nilai Exceed Loss			
Input channel	panjang interaksi 20mm	panjang interaksi 16mm	panjang interaksi 13mm
A1	-1,594	-1,511	-0,836
B1	-1,763	-2,208	-2,334
C1	-1,5	-1,128	-1,443
D1	-1,41	-0,355	-1,73

Untuk lebih memudahkan maka dibuat grafik antara rugi daya dan port input dari masing-masing panjang kupasan



Gambar 4. 6 Grafik antara Rugi Daya dan Port Input

4.3 Pembahasan

Pada penelitian ini fabrikasi directional coupler konfigurasi 4×4 digandeng dengan susunan persegi. Pada proses fabrikasi directional coupler konfigurasi 4×4 susunan persegi,

keempat serat optik dikupas seluruh sisinya pada bagian coating hingga menyisakan bagian cladding, kemudian dilanjutkan dengan dilakukan perendaman dengan aseton selama kurang lebih 60 menit sehingga menyisakan bagian core dari serat optik tersebut. Pengupasan hanya dilakukan pada daerah kopling dengan variasi panjang kupasan 20 mm, 25 mm, dan 30 mm. Empat buah pandu gelombang yang letaknya saling berdekatan kemudian dilewatkan cahaya pada salah satu pandu gelombang, maka cahaya akan bisa terkopel atau terjadi transfer daya ke pandu gelombang yang lain. Intensitas cahaya dari serat optik input yang melewati tepi serat optik akan menjalar atau berpindah ke serat optik di sampingnya sehingga menimbulkan perbedaan intensitas antara serat satu dengan lainnya. Walaupun keempat serat optik dikupas seluruh bagian, namun intensitas cahaya yang melewatinya berbeda. Hal ini dikarenakan cahaya yang terpandu di dalam serat optik lebih dominan melewati sumbu serat optik daripada melewati tepinya. Selain itu, faktor ketebalan serat optik sangat berpengaruh pada intensitas cahaya yang melewati masing-masing serat optik. Meskipun keempat serat optik dikupas hingga menyisakan bagian core dan cladding saja namun cara mengupasan yang sangat manual yaitu menggunakan cutter biasa juga menjadi salah satu faktor yang sangat berpengaruh. Kemudian pada saat tahap pengupasan cladding yakni dengan direndamnya serat optik pada larutan aseton kurang lebih selama 1 jam juga mempengaruhi kerataan bagian kopling serat optik karena cukup sulit untuk membuat keempat serat optik yang benar-benar sama rata.

Proses pengupasan dan perendaman seperti itu sangat berpengaruh terhadap penjalaran dan kerataan pembagian intensitas cahaya yang melewati serat optik. Faktor yang lain mempengaruhi penjalaran cahaya di dalam serat optik yakni suhu dan lama pemanasan. Suhu dan lama pemanasan merupakan variabel penting pada directional coupler metode heating and pressing. Pada penelitian ini tidak dilakukan percobaan dengan

variasi suhu yang berbeda karena ingin berfokus pada pengaruh panjang kupasan terhadap karakterisasi dan fabrikasi serat optik.

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan data dan dilakukan perhitungan sehingga menghasilkan data yang telah disajikan pada tabel 4.6, tabel 4.7, dan tabel 4.8. masing-masing tabel menampilkan informasi tentang excess loss, insertion loss, dan coupling ratio.

Excess loss (Le) adalah rugi daya total. Jika 8 mW masuk ke dalam perangkat dan hanya 7,8 mW yang keluar, maka yang 0,2 mW dinyatakan sebagai rugi daya. Rugi daya total adalah energi cahaya terhambur dan diserap di dalam coupler dan tidak didapatkan di saluran keluaran. Pada kasus coupler 4×4, daya keluaran merupakan penjumlahan dari port A2, B2, C2, dan D2, sedangkan daya masukan pada port A1. Sehingga excess loss dinyatakan pada persamaan 2.16.

Insertion loss ($Lins$) atau port-to-port loss, yaitu rugi sisipan yang terjadi karena daya dari saluran masukan coupler serat optik terdistribusi di antara saluran keluaran. Insertion loss diukur sebagai perbandingan daya keluaran tunggal terhadap daya masukannya. Sehingga insertion loss dinyatakan pada persamaan (2.15).

Pada penelitian ini fabrikasi menghasilkan tiga buah directional coupler dengan panjang kupasan yang berbeda, untuk nilai excess loss nya menunjukan hasil yang baik dan memenuhi standar fabrikasi yakni dibawah 2dB. Sedangkan untuk coupling rasionya masih di bawah standar fabrikasi yakni 0,245. Hal ini disebabkan tidak meratanya intensitas cahaya yang melewati serat optik dikarenakan faktor-faktor yang telah dijelaskan.

Pada penelitian ini masing-masing dari serat optik konfigurasi 4x4 dipanaskan pada cetakan saat suhu cetakan telah mencapai 125°C (diukur menggunakan termokopel) dan ditekan selama kurang lebih 5-10 menit. Untuk mencapai suhu 125°C di dalam cetakan cetakan terlebih dahulu dipanaskan pada hot plate selama kurang lebih 10 menit.

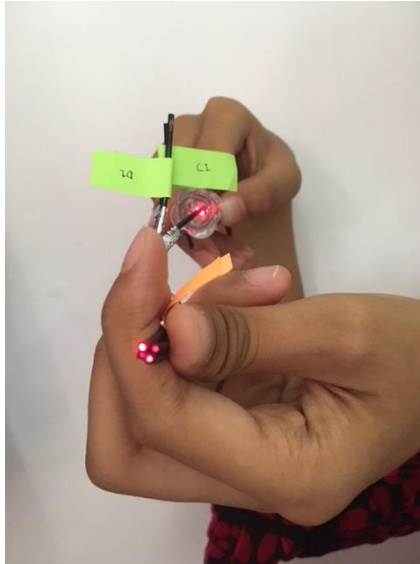
Pada penelitian ini rugi daya total atau excess loss yang dihasilkan dari percobaan terbilang kecil dan dapat memenuhi standar fabrikasi directional coupler yakni dibawah 2 dB dikarenakan dengan menggunakan metode heating and pressing maka setiap serat optik yang digandengkan benar-benar menyatu sehingga intensitas cahaya yang terhambur menjadi lebih sedikit dan pemantulan dalam dapat terjadi dengan baik.



Gambar 4. 7 Serat Optik yang patah karena pemanasan yang terlalu lama



Gambar 4. 8 Salah satu hasil directional coupler metode heating and pressing keempat serat optik tergandeng dengan baik



Gambar 4. 9 Directional coupler saat diberikan sinar masukan

Dari Tabel 4.1-4.4 dapat dilihat bahwa saat input port A1 maka intensitas cahaya paling besar pada output adalah pada port A2, begitu juga pada input port B1 maka intensitas cahaya keluaran yang paling besar ada pada B2. Hal ini dikarenakan cahaya yang masuk pada serat optik lebih cenderung melewati serat optik tersebut baru kemudian berpindah ke serat optik yang lain.

Namun setelah dipanaskan masing directional coupler menyusut sebagai berikut panjang kupasan 30 mm dengan panjang interaksi 20 mm, panjang kupasan 25 mm dengan panjang interaksi 16 mm, panjang kupasan 20 mm dengan panjang interaksi 13 mm. Saat dipanaskan directional coupler mengalami pemuaian terlebih dahulu kemudian setelah dingin directional coupler mengalami deformasi yakni penyusutan. Dilakukan pula pengamatan menggunakan mikroskop pada bagian coupling disetiap panjang interaksi untuk mengetahui dengan lebih detail kopling pada setiap directional coupler.



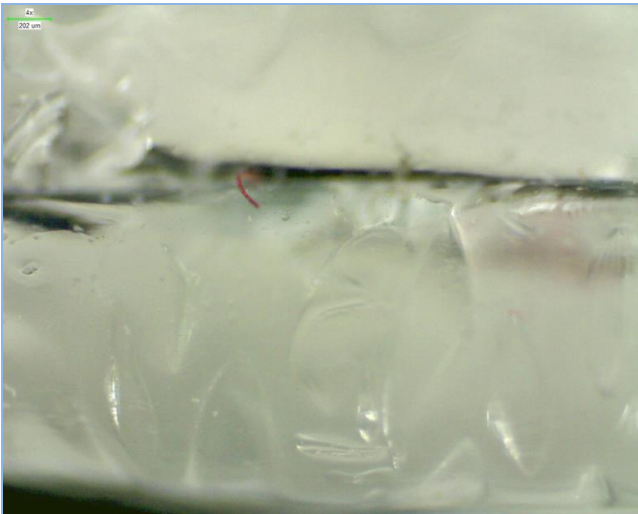
Gambar 4. 10 Panjang interaksi 13 mm



Gambar 4. 11 Panjang interaksi 16 mm



Gambar 4. 12 Panjang interaksi 16 mm



Gambar 4. 13 Panjang interaksi 13 mm



Gambar 4. 14 Panjang interaksi 13 mm

Gambar 4.10 – 4.14 menunjukkan gap antara 1 serat optik dengan serat optik yang lainnya pada setiap panjang interaksi, bagian berwarna gelap adalah gap. Gap adalah bagian yang tidak terganggu . menurut teori moda terkopel saat gap lebar maka tidak ada kopling sehingga gelombang optik akan menjalar secara individu sedangkan sebaliknya saat gap kecil maka akan terjadi gangguan, kopling antar keduanya menyebabkan amplitudogelombang optik yang merambat pada masing-masing kanal berubah sepanjang jarak rambatnya. Jika ke dalam kanal pertama ditransmisikan gelombang optik, maka sebagian berkasnya ter-evanescent ke kanal kedua. Berkas pada kanal ke tersebut terpandu dan sebagian berkasnya akan ter-evanescent ke kanal pertama lagi.

Dari Gambar 4.6 grafik antara rugi daya dengan masing-masing panjang kupasan directional coupler konfigurasi 4x4 susunan persegi dapat diketahui bahwa directional coupler dengan fabrikasi paling baik adalah directional coupler dengan panjang

kupasan 25 mm dan panjang interaksi 16 mm. Dengan rugi daya total atau excess loss pada masing-masing port adalah port A1 1,511 dB, port B1 2,208 dB, port C1 1,128, dan port D1 0,355 dB. Sedangkan untuk nilai coupling ratio adalah port A1 CR = 0,38 ; 0,1 ; 0,3 ; 0,22, port B1 CR = 0,14; 0,48; 0,3; 0,08 , port C1 CR = 0,1 ; 0,16; 0,54; 0,2 , port D1 CR = 0,3; 0,12; 0,28; 0,3. Dan nilai insertion loss dari masing port adalah port A1 Lins = 4,6 dB; 5,7 dB; 10,8 dB; 8,8 dB port B1 Lins = 10,65 dB; 5,38 dB; 7,42 dB; 13,49 dB port C1 Lins = 11,02 dB ; 9,2 dB; 3,86 dB; 7,93 dB port D1 Lins = 5,73 dB; 9,7 dB; 5,82 dB; 5,44 dB.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Dari penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa directional coupler paling baik adalah saat panjang kupasan 25 mm dengan panjang interaksi 16 mm dengan rugi daya total atau excess loss pada masing-masing port adalah port A1 -1,511 dB, port B1- 2,208 dB, port C1 - 1,128, dan port D1 -0,355 dB
- Hasil Karakterisasi directional coupler dengan metode heating and pressing kali ini cukup baik dengan rugi daya terbesarnya hanya -2,3 dB sedangkan terkecil mencapai -0,3 dB
- Directional Coupler konfigurasi 4x4 ini cukup baik digunakan untuk pembagi daya optik dengan nilai coupling ratio pada panjang kupasan 25 mm saat input channel D1 yakni A2 0,3 B2 0,12 C2 0,28 dan D2 0,3

5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini disarankan:

1. Digunakan lebih banyak variasi panjang kupasan
2. Dilakukan uji kerataan pada serat optik sebelum digandeng menggunakan microscope stereo

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Crisp, J., dan Elliott, B. 2005, **Introduction to Fiber Optics**, Jordan Hill, Oxford.
- Farrei, 2002, **Optical Communication System Optical Fiber Couplers and Switch**, Dublin Institute of Technology.
- Jones Jr, William B., 1988, **Introduction to optical fiber communication systems**, Holt, Rinehart & Winston, Universitas Michigan.
- Keiser, Gerd. 1984. **Optical Fiber Communication**. New York: Mc Graw-Hill.
- Keiser, Gerd. 1991. **Optical Fiber Communications 2nd Edition**. New York: Mc Graw-Hill.
- Krohn, D. A. 2000. **Fiber Optic Sensors: Fundamentals and Applications 3rd**. Pennsylvania State University: Isa.
- Leno, Frank. 1993. **Introduction to Optics 2nd Edition**. United States America: Prentice-Hall.
- Powers, John. 1997. **An Introduction to Fiber Optic Systems 2nd Edition**. New York: Mc Graw-Hill.
- Rohedi, A.Y., 1997, **Perancangan Directional Coupler untuk Aplikasi WDM struktur 4x4**, Thesis Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rubiyanto, A., dkk, 2006, **Analisis Directional Coupler Sebagai Pembagi Daya untuk Mode TE₂**, jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 2, Nomor 1, Januari, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rubiyanto, A., Rohedi, A. Y., 2003, **Optika Terpadu**, Buku ajar Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Samian, dkk. 2008. **"Fabrikasi Directional Coupler Serat Optik Multimode"**. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 4 No. 2 Surabaya.
- Sekartedjo, dkk. 2007. **Study of Switching Characteristics in Directional Coupler**. International Symposium of Modern Optics and Its Applications (ISMOA), Department of Physics ITB August 6-10 2007, Bandung. Trethewey K.R. & Chamberlain, J. 1991. Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Supadi, Pramono, Y. Hadi, Yudhoyono, G., 2006, **Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler sebagai Devais Pembagi Daya (Power Divider) 2**, Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 060106-1-060106-6
- Widodo. 1995. **Optoelektronika**. Yogyakarta: Penerbit Andi.

LAMPIRAN A
Data Hasil Karakterisasi *Directional Coupler*

Konfigurasi 4×4 Susunan Persegi Menggunakan BF5R-D1-N

1. Pada *Directional Coupler* dengan panjang kupasan 20 mm

Input A1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
1	698	523	163	261	60	68	59
2	693	521	169	265	60	68	59
3	691	524	162	259	60	68	59
4	699	539	158	267	60	68	59
5	698	547	167	258	60	68	59
6	685	538	161	260	60	68	59
7	689	546	165	252	60	68	59
8	690	541	158	264	60	68	59
9	694	529	162	269	60	68	59
10	682	530	163	257	60	68	59
Rata-rata	691,9	533,8	162,8	261,2	60	68	59

Input B1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	C1	D1
1	121	455	188	406	43	106	94
2	120	457	187	407	43	106	94
3	123	456	186	405	43	106	94
4	125	449	189	408	43	106	94
5	119	451	182	410	43	106	94
6	118	452	185	411	43	106	94
7	112	457	191	398	43	106	94
8	124	458	190	402	43	106	94
9	121	455	192	403	43	106	94
10	120	454	188	409	43	106	94
Rata-rata	120,3	454,4	187,8	405,9	43	106	94

Input C1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	D1
1	291	260	709	172	109	99	36
2	290	262	708	170	109	99	36
3	292	261	710	171	109	99	36
4	287	260	715	175	109	99	36
5	285	263	706	173	109	99	36
6	297	259	707	174	109	99	36
7	295	260	713	172	109	99	36
8	294	266	716	170	109	99	36
9	289	265	714	169	109	99	36
10	290	256	712	167	109	99	36
Rata-rata	291	261,2	711	171,3	109	99	36

Input D1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	C1
1	203	171	161	809	117	120	69
2	205	169	163	810	117	120	69
3	203	168	162	807	117	120	69
4	207	170	160	806	117	120	69
5	206	175	165	814	117	120	69
6	201	177	161	816	117	120	69
7	198	179	164	802	117	120	69
8	196	170	158	801	117	120	69
9	204	156	162	811	117	120	69
10	203	157	163	813	117	120	69
Rata-rata	202,6	169,2	161,9	808,9	117	120	69

2. Pada *Directional Coupler* dengan panjang kupasan 25 mm

Input A1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
1	549	187	353	328	76	48	25
2	553	191	358	325	76	48	25
3	532	190	351	319	76	48	25
4	527	185	348	331	76	48	25
5	568	179	327	335	76	48	25
6	541	183	362	326	76	48	25
7	549	188	358	329	76	48	25
8	519	190	346	337	76	48	25
9	563	187	370	317	76	48	25
10	547	193	355	324	76	48	25
Rata-rata	544,8	187,3	352,8	327,1	76	48	25

Input B1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	C1	D1
1	170	580	368	90	111	119	46
2	175	578	359	91	111	119	46
3	179	573	356	90	111	119	46
4	173	571	366	92	111	119	46
5	171	585	362	97	111	119	46
6	169	582	365	89	111	119	46
7	164	587	358	83	111	119	46
8	172	576	356	98	111	119	46
9	178	580	371	81	111	119	46
10	170	581	358	83	111	119	46
Rata-rata	172,1	579,3	361,9	89,4	111	119	46

Input C1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	D1
1	159	240	825	320	145	63	55
2	153	238	819	321	145	63	55
3	150	245	823	322	145	63	55
4	157	235	827	318	145	63	55
5	163	249	829	319	145	63	55
6	160	247	813	325	145	63	55
7	163	236	812	329	145	63	55
8	159	241	815	323	145	63	55
9	165	240	824	327	145	63	55
10	151	239	826	316	145	63	55
Rata-rata	158	241	821,3	322	145	63	55

Input D1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	C1
1	446	215	523	570	48	65	62
2	553	214	524	571	48	65	62
3	532	212	521	574	48	65	62
4	527	217	522	579	48	65	62
5	568	213	520	568	48	65	62
6	541	209	526	572	48	65	62
7	549	215	527	570	48	65	62
8	519	218	524	571	48	65	62
9	563	219	519	573	48	65	62
10	547	211	520	568	48	65	62
Rata-rata	534,5	214,3	522,6	571,6	48	65	62

3. Pada *Directional Coupler* dengan panjang kupasan 30 mm

Input A1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	B1	C1	D1
1	536	146	390	315	88	151	123
2	539	139	393	312	88	151	123
3	538	140	390	315	88	151	123
4	537	149	392	317	88	151	123
5	540	138	387	315	88	151	123
6	536	146	389	318	88	151	123
7	539	137	397	309	88	151	123
8	536	142	389	319	88	151	123
9	529	145	390	321	88	151	123
10	536	146	391	311	88	151	123
Rata-rata	536,6	142,8	390,8	315,2	88	151	123

Input B1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	C1	D1
1	105	626	178	428	152	171	185
2	106	622	181	422	152	171	185
3	107	638	178	428	152	171	185
4	105	623	177	422	152	171	185
5	109	607	175	430	152	171	185
6	108	614	177	438	152	171	185
7	108	617	177	429	152	171	185
8	103	616	179	426	152	171	185
9	109	615	178	429	152	171	185
10	105	620	180	431	152	171	185
Rata-rata	106,5	619,8	178	428,3	152	171	185

Input C1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	D1
1	263	101	765	285	107	72	174
2	268	100	758	280	107	72	174
3	264	99	778	281	107	72	174
4	263	103	777	289	107	72	174
5	268	105	765	286	107	72	174
6	263	101	768	270	107	72	174
7	262	100	805	283	107	72	174
8	260	98	759	279	107	72	174
9	259	97	757	280	107	72	174
10	268	97	752	283	107	72	174
Rata-rata	263,8	100,1	768,4	281,6	107	72	174

Input D1 (au)							
No	Output (au)				Balikan (au)		
	A2	B2	C2	D2	A1	B1	C1
1	270	132	290	702	165	168	142
2	268	169	289	701	165	168	142
3	289	168	296	709	165	168	142
4	281	170	294	726	165	168	142
5	280	175	292	709	165	168	142
6	280	177	290	706	165	168	142
7	275	179	288	710	165	168	142
8	281	170	293	710	165	168	142
9	298	156	291	702	165	168	142
10	286	157	294	700	165	168	142
Rata-rata	280,8	165,3	291,7	707,5	165	168	142

BIODATA PENULIS

Penulis berasal dari kota Sidoarjo dan dilahirkan di kota yang sama pada 09 September 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Telah menempuh pendidikan formal di SDN Katerungan, SMPN 1 Krian, dan SMA Terpadu Ar-Risalah. Penulis diterima di Departemen Fisika Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013 dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP. 01111340000114. Selama masa perkuliahan pernah aktif di BEM-FMIPA pada departemen sosial masyarakat. Penulis merupakan ibu rumah tangga dengan dua orang anak sehingga kurang aktif dalam berbagai kegiatan di kampus selain kegiatan belajar mengajar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”